



Original Article

Comparison of Diagnostic Concordance between Glass and Digitally Scanned Pathology Slides in Hospitals of Shiraz University of Medical Sciences

Neda Soleimani¹, MD; Sahand Mohammadzadeh^{1*}, MD; Shekoofeh Javidi¹, MD; Firoozeh Jafari¹, MD

¹Department of Pathology, Shiraz Medical School, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

Article Information

Article History:

Received: July 20, 2024

Accepted: December 14, 2024

*Corresponding Author:

Sahand Mohammadzadeh, MD;
Department of pathology, Shiraz
Medical School, Shiraz University of
Medical Sciences, Shiraz, Iran
Email: mohammads@sums.ac.ir

Abstract

Introduction: The use of digital imaging in pathology has transformed this traditional field into what is now termed digital pathology. Digital pathology plays an important role in modern clinical practice and is increasingly viewed as a technological necessity in laboratory settings.

Methods: One hundred surgical pathology biopsy cases from five different organ systems were randomly selected. Initially, three pathologists reported on the corresponding glass slides as per routine clinical workflow. Subsequently, the glass slides were de-identified, scanned, and stored. After a 13-week washout period, the same three pathologists re-reported the cases using the scanned digital slide images. The data were analyzed using SPSS software, version 27.

Results: A total of 239 glass slides from 100 pathology cases were examined. Using the primary diagnosis from the optical (glass slide) method as the gold standard, the overall diagnostic concordance rate for the digital method was 93%.

Conclusion: The results demonstrated a high level of diagnostic equivalence between digital slide images and glass slides within a real clinical workflow. This study supported the validity of scanned slide images, indicating they are not inferior to traditional glass slides in terms of diagnostic accuracy.

Keywords: Pathology; Pathology, surgical; Diagnostic imaging; Digital pathology; Reproducibility of results

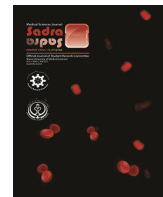
Please cite this article as:

Soleimani N, Mohammadzadeh S, Javidi S, Jafari F. Comparison of Diagnostic Concordance between Glass and Digitally Scanned Pathology Slides in Hospitals of Shiraz University of Medical Sciences. Sadra Med. Sci. J. 2025; 13(4): 698-708. doi: 10.30476/smsj.2025.103449.1556.



مجله علوم پزشکی صدرا

<https://smsj.sums.ac.ir/>



مقاله پژوهشی

مقایسه تطابق تشخیصی بین اسلایدهای پاتولوژی و اسلایدهای تصویربرداری با اسکنر در بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی شیراز

ندا سلیمانی^۱، سهند محمدزاده^{۱*}، شکوفه جاویدی^۱، فیروزه جعفری^۱

^۱گروه آسیب شناسی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

چکیده

مقدمه: استفاده از تصاویر دیجیتال در آسیب‌شناسی، این رشته‌ی سنتی را به سمت چیزی سوق داده است که امروزه به‌عنوان آسیب‌شناسی دیجیتال توصیف می‌شود. آسیب‌شناسی دیجیتال نقش مهمی در دنیای بالینی مدرن دارد و به‌طور فزاینده‌ای به آن به دید یک نیاز فناورانه در محیط‌های آزمایشگاهی نگاه می‌شود. **مواد و روش‌ها:** تعداد صد نمونه‌ی بیوپسی پاتولوژی جراحی که از پنج سامانه‌ی اندامی انتخاب شدند. سه پاتولوژیست منتخب اسلایدهای شیشه‌ای کار روزانه را طبق برنامه‌ی روزانه شامل بیوپسی گزارش می‌کنند و سپس اسلایدهای شیشه‌ای از لحاظ هویت نامشخص و اسکن می‌شوند و بعد از گذشت سیزده هفته، توسط همان سه پاتولوژیست منتخب، تصویر اسلاید اسکن شده مجدداً گزارش می‌شود تا از حافظه‌ی پاتولوژیست‌ها پاک شده باشد. اطلاعات جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ ارزیابی شده است. **یافته‌ها:** براساس بررسی صد نمونه‌ی بیوپسی پاتولوژی جراحی از پنج سامانه‌ی اندامی مختلف، در مجموع ۲۳۹ اسلاید شیشه‌ای از صد نمونه‌ی پاتولوژی بررسی شدند. با استفاده از تشخیص اصلی تأییدشده در روش اپتیکال به‌عنوان استاندارد طلایی، میانگین درصد مغایرت عمده در روش دیجیتال ۹۳٪ بود. **نتیجه‌گیری:** نتایج ما نشان‌دهنده‌ی هم‌ارزی بالای تصویر اسلایدی دیجیتال با اسلاید شیشه‌ای در گزارش گردش کار بالینی واقعی است. این تحقیق به اعتبار بیشتر این یافته که تصاویر اسکن‌شده‌ی اسلایدها از نظر تطابق تشخیصی نسبت به اسلایدهای شیشه‌ای پایین‌تر نیستند، کمک می‌کند.

کلمات کلیدی: آسیب‌شناسی، آسیب‌شناسی جراحی، پردازش تصاویر کامپیوتری، سلامت دیجیتال، فناوری دیجیتال

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۸

نویسنده مسئول:

سهند محمدزاده،

گروه آسیب شناسی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

پست الکترونیکی: mohammads@sums.ac.ir

لطفاً این مقاله را به این صورت استناد کنید:

سلیمانی ن، محمدزاده س، جاویدی ش، جعفری ف. مقایسه تطابق تشخیصی بین اسلایدهای پاتولوژی و اسلایدهای تصویربرداری با اسکنر در بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی شیراز. مجله علوم پزشکی صدرا. دوره ۱۳، شماره ۴، پاییز و زمستان ۱۴۰۴، ۶۹۸-۷۰۸.

شود. تصویربرداری کل اسلاید به تجهیزات اختصاصی و زیرساخت‌های فناوری اطلاعات (اسکرها/ سرورها/ پهنای باند/ ایستگاه‌های کاری) نیاز دارد تا زمان پاسخدهی سیستم را به حداقل برساند (۶).

با تصویربرداری از کل اسلاید که پس از کار بافتی، برش و رنگ‌آمیزی در بخش آسیب‌شناسی و به‌دنبال آن با اسکن فوری اسلایدها انجام می‌شود، این امکان را به آسیب‌شناسان می‌دهد تا بتوانند داده‌ها را در محل یا از راه دور مشاهده کنند. این پروسه‌ی انتقال داده‌ها به‌طور شایان توجهی نیازمند تجهیزات مرتبط با فناوری اطلاعات در بخش‌های بزرگ آسیب‌شناسی است (۷).

درحال حاضر هیچ‌یک از این مراحل، استاندارد نشده است؛ بنابراین قبل از اینکه تصاویر دیجیتال به‌طور گسترده در کارهای معمول بالینی استفاده شوند، به استانداردسازی نیاز است و باید کل فرایند تصویربرداری تأیید شود. به‌طور خلاصه، اینکه آیا آسیب‌شناسی دیجیتال دقیق‌تر از آسیب‌شناسی سنتی است یا خیر، بسته به شرایط و نمونه‌های خاص و آشنایی پاتولوژیست می‌تواند متفاوت باشد (۸). آسیب‌شناسی دیجیتال از نظر توانایی تجزیه و تحلیل تصویر، دسترسی به مطالب آرشیو شده و توانایی مشاوره گرفتن از راه دور، مزایای بسیاری را ارائه می‌دهد اما بررسی برابری این روش با روش معمول پاتولوژی در نمونه‌های پاتولوژی اندام‌های مختلف با معیارهای مختلفی سنجیده می‌شود (۹). در این مطالعه قصد داریم که شاخص‌هایی نظیر تشخیص نهایی، تهاجم عصبی و عروقی، استیج پاتولوژی و نیاز به سفارش تست‌های جانبی را بین دو روش مقایسه کنیم.

مواد و روش‌ها

روش نمونه‌گیری و جمع‌آوری نمونه‌ها

این مطالعه، مطالعه‌ای مقطعی است که به مقایسه‌ی تطابق تشخیصی بین اسلایدهای پاتولوژی و اسلایدهای تصویربرداری با اسکنر در بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی شیراز پرداخته است.

تعداد صد نمونه‌ی بیوپسی پاتولوژی جراحی که از پنج سامانه‌ی اندامی مختلف شامل کولورکتال، مغز، کبد، دستگاه تناسلی بانوان و کلیه به‌صورت تصادفی از بیمارستان‌های زیر پوشش بخش پاتولوژی دانشگاه علوم پزشکی شیراز انتخاب شدند. پاتولوژیست تأییدکننده تمامی تشخیص‌های اولیه و اصلی به‌طور مستقل را تأیید کرد و همه‌ی لام‌هایی که

هیستوپاتولوژی یا آسیب‌شناسی بافتی، رشته‌ای تشخیصی است که براساس تفسیر بصری زیست‌شناسی سلولی گرفته‌شده از تصاویر بنا شده است. پاتولوژیست‌ها بیماری‌هایی مانند سرطان و بیماری‌های التهابی را براساس ویژگی‌های بافتی مختلف (مثلاً اختلال در ساختار بافت، وجود یا نبود ویژگی‌های خاص سلولی یا وجود فراوانی سلول‌های التهابی) تشخیص می‌دهند و درجه‌بندی می‌کنند. باوجود اهمیت پاتولوژی، در این زمینه کمبود نیروی کار وجود دارد و در طی زمان تعداد زیادی از پاتولوژیست‌های حرفه‌ای بازنشسته می‌شوند و تا زمانی که افراد جدیدی وارد این حوزه شوند همچنان با کمبود پاتولوژیست روبه‌رو هستیم. همچنین حجم کار، تعداد زیاد نمونه‌ها و ضرورت تشخیص‌های گسترده‌تر برای شناسایی بهینه‌ترین درمان نیز درحال افزایش است (۱).

استفاده از تصاویر دیجیتالی در آسیب‌شناسی، این رشته‌ی سنتی را به‌سمت امری سوق داده است که امروزه به‌عنوان آسیب‌شناسی دیجیتال^۱ توصیف می‌شود. آسیب‌شناسی دیجیتال نقش مهمی در دنیای بالینی مدرن دارد و به‌طور فزاینده‌ای به آن به‌عنوان یک نیاز فناورانه در محیط‌های آزمایشگاهی نگاه می‌شود (۲). پیشرفت در قدرت محاسباتی، ایجاد شبکه‌های سریع‌تر و ذخیره‌سازی ارزان‌تر در آسیب‌شناسی دیجیتال، آسیب‌شناسان را توانمند ساخته است که تصاویر اسلاید دیجیتال را با سهولت و انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به گذشته مدیریت کنند و بتوانند تصاویر را از راه دور آسیب‌شناسی کنند و در بالین به اشتراک بگذارند (۳). در این روش، فاصله‌ی فیزیکی (تله‌ی آسیب‌شناسی) بین بیمارستان‌ها، کالج‌ها، اساتید و دانشجویان از بین می‌رود. این تکنولوژی می‌تواند فراتر از آنچه که اسلایدهای شیشه‌ای فیزیکی اجازه می‌دهند، عمل کنند (۴).

پیشرفت‌های فنی در سرعت اسکن و کاهش هزینه‌ها، تصویربرداری کل اسلاید^۲ (WSI) را به استاندارد برای دیجیتال پاتولوژی در مقیاس بزرگ و با توان بالا تبدیل کرده است (۵). اسکن تمام بافت‌های مربوطه، پیش‌نیاز یک جریان کار هیستوپاتولوژی دیجیتال است تا به‌طور کامل در مواقعی مانند تشخیص‌های هیستوپاتولوژیک اولیه، جایگزین میکروسکوپ نوری

1. Digital Pathology

2. Whole Slide Imaging

کلیه‌ی مدارک بالینی، الزامات و موادی رادیولوژیکی بود که برای علائم اولیه‌ی اسلاید شیشه‌ای نیز شناسایی و استفاده شدند. این مدارک به‌صورت دیجیتالی در محیط آزمایش در دسترس قرار گرفتند. اطلاعاتی چون مشخصات اسکن شدن اسلایدها، زمان اسکن فایل‌های دیجیتال و اندازه‌های ذخیره‌سازی برای وضوح معادل $40 \times (25, 0)$ میکرومتر/پیکسل که به میانگین زمان اسکن ۶ دقیقه و ۲۴ ثانیه و ۱,۵۴ گیگابایت در هر اسلاید منجر شد، همگی تنظیم شدند. ما انتخاب کردیم که تمام اسلایدها را با $40 \times$ اسکن کنیم تا در دسترس بودن این بزرگنمایی را در همه‌ی میکروسکوپ‌های نوری استفاده‌شده‌ی بازبینان تکرار کنیم.

معیارهای مربوط به تطابق تشخیصی

معیارهایی که بین دو روش تشخیصی اسلایدهای پاتولوژی و اسلایدهای تصویربرداری با اسکنر در دست ارزیابی قرار می‌گرفتند شامل تشخیص نهایی، وضعیت حاشیه‌ی ضایعه، تهاجم عروقی یا عصبی، استیج پاتولوژی و نیاز به مطالعه‌ی تکمیلی بود.

روش آنالیز آماری

اطلاعات جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۷ ارزیابی شد. اطلاعات مربوط به اسلایدهای دیجیتال و شیشه‌ای به‌صورت میانگین و انحراف معیار گزارش گردید. از روش‌های آماری Student t test و نمودار همبستگی برای مقایسه‌ی اطلاعات بین دو روش استفاده شد.

ملاحظات اخلاقی

این طرح با کد اخلاقی IR.SUMS.MED. REC.1402.041 در کمیته‌ی اخلاق در پژوهش دانشکده‌ی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شیراز به تصویب رسیده است.

یافته‌ها

اطلاعات اولیه‌ی نمونه‌های بررسی‌شده

سه پاتولوژیست که از این پس به آن‌ها با عناوین (A, B, C) اشاره می‌شود، نمونه‌ها را از پنج رشته‌ی فوق تخصصی گزارش کردند. نتایج براساس بررسی صد نمونه‌ی بیوپسی پاتولوژی جراحی، از پنج سامانه‌ی اندامی مختلف شامل کولورکتال، مغز، کبد، دستگاه تناسلی بانوان و کلیه است (جدول ۱).

برای تشخیص و استیج کردن تومور مدنظر نیاز بود انتخاب و بررسی شدند. سپس این نمونه‌ها با استفاده از سامانه‌ی اسکنر لام‌های پاتولوژی اسکن شدند.

معیار ورود به مطالعه

معیار ورود به مطالعه، نمونه‌های بیوپسی پنج سامانه‌ی اندامی ذکرشده بود که پاتولوژیست‌های منتخب آن‌ها را دیده باشند.

معیار خروج از مطالعه

در مواقعی که بررسی میکروسکوپی نمونه‌ی بیوپسی نامشخص بود یا اسلاید پاتولوژی به‌صورت کامل در دسترس نبود، نمونه از بررسی خارج می‌شد.

نحوه‌ی نمونه‌گیری

سه پاتولوژیست منتخب اسلایدهای شیشه‌ای کار روزانه را طبق برنامه‌ی روزانه، شامل بیوپسی گزارش کردند و زمان صرف‌شده برای ثبت نمونه‌های بیوپسی اندازه‌گیری کردند. نمونه‌هایی را که معیارهای مرتبط به طرح داشتند از سوی رزیدنت انتخاب شد و اسلایدهای شیشه‌ای از لحاظ هویت نامشخص شدند. این اسلایدها در این مرحله اسکن شدند و بعد از گذشت سیزده هفته (۱۰) همان سه پاتولوژیست منتخب، تصویر اسلاید اسکن‌شده را مجدداً بررسی کردند و نتیجه‌ی آن گزارش شد. فاصله‌ی سه هفته‌ای به‌منظور پاک‌شدن نتیجه‌ی بررسی از ذهن پاتولوژیست‌ها اعمال شد.

بررسی هیستوپاتولوژی

ارزیابی اپتیکال با استفاده از میکروسکوپ موجود در دفتر هر پاتولوژیست که به‌طور روزمره با آن کار می‌کرد، انجام شد. این ارزیابی شامل نمونه‌هایی می‌شد که متخصص پاتولوژیست در آن تجربه‌ی بیشتری داشت. رنگ‌آمیزی مرسوم برای بررسی پاتولوژی یعنی هماتوکسیلین و ائوزین بر روی همه‌ی نمونه‌ها انجام شد و برای نمونه‌هایی که لازم بود رنگ‌آمیزی ویژه شامل جونز، پرپودیک اسید چیف و ماسون تری کروم انجام شود، به‌صورت جداگانه رنگ‌آمیزی لازم صورت گرفت.

بررسی دیجیتال

ارزیابی دیجیتال نیز از طریق نمایش‌گر مربوط به سامانه‌ی اسکنر انجام شد. نمونه‌هایی که به پاتولوژیست‌های ارزیاب نشان داده می‌شدند شامل

جدول ۱. تعداد نمونه‌ها، اسلایدها و نحوه‌ی توزیع نمونه‌ها براساس پاتولوژیست ارزیاب

اسلاید شیشه‌ای (تعداد)	اسلاید دیجیتال (تعداد)	تعداد نمونه‌ی شیشه‌ای	تعداد نمونه‌ی دیجیتال
پاتولوژیست A	۹۰	۹۰	۴۰
پاتولوژیست B	۱۰۶	۱۰۶	۳۱
پاتولوژیست C	۴۳	۴۳	۲۹
تعداد کل	۲۳۹	۲۳۹	۱۰۰

جدول ۲. تعداد نمونه‌ها، اسلایدها و توزیع نمونه‌ها براساس ارگان مربوطه

اسلاید شیشه‌ای (تعداد)	اسلاید دیجیتال (تعداد)	تعداد نمونه‌ی شیشه‌ای	تعداد نمونه‌ی دیجیتال
کولون	۳۰	۳۰	۱۸
دستگاه تولیدمثل	۴۳	۴۳	۲۹
سیستم اعصاب مرکزی	۲۲	۲۲	۱۶
کلیه	۸۴	۸۴	۱۵
کبد	۶۰	۶۰	۲۲
تعداد کل	۲۳۹	۲۳۹	۱۰۰

جدول ۱ به توزیع اسلاید و نمونه براساس پاتولوژیست بررسی کننده اشاره دارد. درمجموع ۲۳۹ اسلاید شیشه‌ای از صد نمونه‌ی پاتولوژی بررسی شدند. نتایج مربوط به تعداد نمونه‌ها و اسلایدها و نحوه‌ی توزیع آن‌ها براساس پاتولوژیست ارزیاب در جدول ۱ مشهود است.

جدول ۲ توزیع بررسی شده را براساس نوع نمونه نشان می‌دهد. میانگین ۲,۲۵ اسلاید در هر تعداد پاتولوژی بیوپسی (محدوده ۵-۱) وجود دارد. بررسی کولون در هجده بیمار و با سی اسلاید انجام شد. می‌توان گفت در هر نمونه‌ی پاتولوژی کولون به‌طور متوسط ۱/۶۶ اسلاید بررسی شده است. بررسی دستگاه تولیدمثلی نشان‌دهنده‌ی حد متوسط ۱/۴۸ اسلاید به ازای هر نمونه است. بررسی سیستم اعصاب مرکزی میانگین ۱/۳۷ اسلاید به ازای هر بیمار را نشان داد. در بررسی پانزده نمونه کلیوی، پاتولوژیست‌ها ۸۵ اسلاید را بررسی کردند که خود نشان‌دهنده‌ی میانگینی حدود ۵/۶ اسلاید به ازای هر نمونه است. در زمینه‌ی بررسی ۲۲ نمونه‌ی کبدی نیز به ازای هر نمونه عدد ۲/۷۲ به‌دست آمد.

انواع نمونه‌ها در این مجموعه‌ی داده علامت‌گذاری شامل توزیع استاندارد نمونه‌هایی است که معمولاً در یک مرکز مراقبت‌های عالی با تمرکز اولیه بر روی سرطان انتظار می‌رود. جدول ۳ توزیع نمونه‌ها براساس پاتولوژیست بررسی کننده و ارگان مربوطه را نشان می‌دهد.

نتایج مقایسه‌ی معیارهای مربوط به تطابق تشخیصی

با استفاده از تشخیص اصلی تأیید شده در روش اپتیکال به‌عنوان استاندارد طلایی، میانگین نرخ ناسازگاری عمده در روش دیجیتال ۹۳٪ در نظر گرفته شد. خواندن در این مطالعه به‌عنوان یک تشخیص برای یک بخش نمونه تعریف شده است (یعنی برای هر نمونه، ممکن است یک یا چند قسمت، متشکل از یک یا چند اسلاید وجود داشته باشد). در مجموع دویست خواندن با استفاده از هر دو تصویر شیشه‌ای و اسکن اسلاید انجام شد.

از صد تشخیص تصویر اسلاید شیشه‌ای و اسلاید دیجیتال مطابقت داده شده، هفت تناقض تشخیصی وجود داشت. مغایرت‌های تشخیصی به‌عنوان هر یافته‌ای تعریف می‌شود که با یک روش شناسایی شود و در روش دیگر شناسایی نشده باشد که این مغایرت از نظر بالینی مهم است. هفت تشخیص متناقض در این مطالعه در جدول ۴ به تفصیل بیان شده است. پس از بررسی نمونه‌های مغایرت، تشخیص‌های مبتنی بر لام‌خوان شیشه‌ای مقبول واقع شدند.

همان‌گونه که در جدول می‌بینید، یک نمونه تعارض از ۲۲ نمونه‌ی بررسی بافت کبدی دیده شد. در تعارض کبدی، بررسی اسلاید شیشه‌ای منتج از بیوپسی با سوزن از سوی پاتولوژیست بر روی کبد پیوندی، رد پیوند حاد متوسط و فیبروز پورتال خفیف گزارش شد. درحالی‌که همان پاتولوژیست در بررسی اسلاید دیجیتال هیپاتیت جراحی گزارش کرد و بررسی

جدول ۳. توزیع نمونه‌ها براساس پاتولوژیست بررسی کننده و ارگان مربوطه

کبد	کلیه	کولون	دستگاه تولیدمثلی	دستگاه اعصاب مرکزی
پاتولوژیست A	۲۲	۰	۱۸	۰
پاتولوژیست B	۰	۱۵	۰	۱۶
پاتولوژیست C	۰	۰	۲۹	۰
تعداد کل	۲۲	۱۵	۱۸	۱۶

جدول ۴. تشخیص‌های متناقض (V=n)

محل تناقض	خواندن اسلاید شیشه‌ای	خواندن اسلاید دیجیتال
کبد کبد پیوندی، بیوپسی با سوزن	رد پیوند حاد متوسط فیبروز پورتال خفیف	هپاتیت جراحی مطالعه‌ی ایمونوهیستوکیستری برای سیتومگالوویروس
کولون کولون، سیگموئید، پولیپ نشان‌دار، پلی‌پکتومی	لیپوم زیرمخاطی	کانون مشکوک به دیسپلازی درجه‌ی بالا
کولون کولون، سیگموئید و رکتوم برچسب‌دار، مخاط، بیوپسی	کولیت مزمن با فعالیت متوسط پیشنهادهای التهابی روده دیسپلازی دیده نمی‌شود بدون شواهد بافت‌شناسی عفونت	تغییر پاتولوژیک خاصی وجود ندارد
کلیه کلیه‌ی پیوندی، بیوپسی با سوزن	لب مرز رد پیوند با واسطه‌ی ایمنی سلولار آتروفی توبولار خفیف و فیبروز بینابینی خفیف	درجه‌ی پیوند حاد درجه IA با واسطه‌ی ایمنی سلولار نکروز حاد توبولی، لوله‌ی پیچیده پروگزیمال آتروفی توبولار خفیف و فیبروز بینابینی خفیف گلوبرولولواسکلروز سگمنتال کانونی
کلیه کلیه‌ی پیوندی، بیوپسی با سوزن	لب مرز (مشکوک) رد پیوند با واسطه‌ی ایمنی سلولار آتروفی توبولی خفیف و فیبروز بینابینی گلوبرولولواسکلروزیس سگمنتال کانونی (۵/۳۰)	رد پیوند درجه‌ی IA با واسطه‌ی ایمنی سلولار
دستگاه تناسلی رحم، آندومتر، دیلاتاسیون و کورتاژ	ناهم‌زمانی غدد استرومایی مطابق با اثر قرص (نامتعادلی هورمونی)	آندومتر یوم غیرفعال
دستگاه تناسلی رحم، آندومتر، دیلاتاسیون و کورتاژ	آندومتر پرولیفراتیو ضعیف	ناهم‌زمانی غددی-استرومایی (اثر قرص)

روش پلی‌پکتومی بررسی شد. بررسی اسلاید شیشه‌ای از سوی پاتولوژیست با خواندن لیپوم زیرمخاطی همراه بود، درحالی‌که بررسی اسلاید دیجیتال کانون مشکوک به دیسپلازی درجه‌ی بالا را نشان داد. تعارض‌های بعدی مربوط به بافت کلیه است. هر دو بافت مربوط به کلیه‌ی پیوندی بوده‌اند که از طریق بیوپسی با سوزن به دست آمدند. پاتولوژیست‌ها در بررسی اسلاید شیشه‌ای، گزارش کردند که بیمار در محدوده‌ی مرزی رد پیوند با ایمنی سلولار قرار دارد. براساس دیدگاه پاتولوژیست آتروفی توبولار خفیف و فیبروز بینابینی خفیف خوانده شد. درحالی‌که همین نمونه در بررسی اسلایدهای دیجیتال ارزیابی متفاوتی شامل درجه‌ی رد پیوند حاد درجه‌ی IA با ایمنی سلولار نکروز حاد توبولی، لوله‌ی پیچیده پروگزیمال،

تکمیلی ایمونوهیستوشیمی برای سیتومگالوویروس را درخواست کرد. دو بررسی پاتولوژی بافت کولون با استفاده از پاتولوژی دیجیتال انجام شده بر روی اسلایدهای شیشه‌ای دچار تعارض بودند. در بررسی اول، بافت کولون بررسی شد. در این نمونه، پاتولوژیست در بررسی اسلاید شیشه‌ای موفق به خوانش کولیت مزمن با فعالیت متوسط شد و پیشنهاد داد که شخص به بیماری التهابی روده مبتلا است. در این بیمار دیسپلازی دیده نشد. همین پاتولوژیست زمانی که به بررسی اسلاید دیجیتال پرداخت، هیچ درگیری خاصی در بافت کولون بیمار گزارش نکرد. در تعارض دوم، کولونی که مربوط به بافت کولون سیگموئید است، پولیپ نشان‌دار به دست آمده از طریق

جدول ۵. درصد میزان تطابق پارامترهای مختلف بین روش اسلاید شیشه‌ای و دیجیتال

برابری تطابق (درصد توافق)	
تشخیص	۹۳٪
تهاجم عروق لنفاوی	۱۰۰٪
تهاجم پری عصبی	۱۰۰٪
دخالت حاشیه	۱۰۰٪
نیاز به انجام تست جانبی	۹۳٪
مرحله‌ی پاتولوژی	۹۸٪

هفت درصدی در تشخیص بین این دو روش دیده شد. نیاز به انجام تست‌های کمکی و خواندن درجه‌ی پاتولوژی از دیگر فاکتورهایی بودند که بین خواندن اسلاید شیشه‌ای و دیجیتال آن‌ها کمتر از هفت درصد تفاوت دیده شد.

بحث

در این مطالعه و در یک بررسی جامع به بررسی تعارض بین پنج ارگان پرداختیم و شش پارامتر مهم شامل تشخیص نهایی، تهاجم عروق لنفاوی، تهاجم عصبی، درگیری حاشیه‌ی تومور، نیاز به انجام تست جانبی و مرحله‌ی پاتولوژی را بررسی کردیم. مطالعه‌ی ما نشان داد که نرخ نهایی اختلاف نظر بین روش اپتیکال و دیجیتال هفت درصد بود. این هفت درصد اگرچه عدد چندان بزرگی به نظر نمی‌رسد اما سطح مقبول این اختلاف نظر در تشخیص بین روش‌های مختلف هنوز به طور قاطع مشخص نیست و بسیاری از این روش‌های دیجیتال فاقد تأییدیه‌های معتبر بین‌المللی هستند. همچنین در مراجع، هیچ مقدار مشخصی از نرخ مقبول اختلاف نظر تشخیص‌های یک مرکز بین این دو روش برای مقاصد تشخیصی پاتولوژی پیشنهاد نشده است. بنابراین توصیه می‌شود هر آزمایشگاه به طور منحصربه‌فرد به داده‌های محدود و در دسترس خود اکتفا کند تا به وسیله‌ی آن میزان مجاز نرخ اختلاف نظر یک مشاهده‌گر با روش‌های مختلف را به دست آورد.

واضح است که پیشرفت‌ها در زمینه‌ی تصویربرداری، بر روی بعضی از بسترها، این تفاوت را تا جایی کاهش داده است که تصاویر دیجیتال باعث زبان‌رساندن به توانایی تشخیص نمی‌شوند و همان‌طور که در مطالعات مختلف نشان داده شده است پاتولوژی دیجیتال یک

آتروفی توبولار خفیف و فیبروز بینابینی خفیف و گلوبولوسکلروز سگمنتال کانونی خوانده شد.

بررسی بافت پیوند کلیوی حاد در تعارض دوم به علت لب مرز (مشکوک) رد پیوند با ایمنی سلولار، آتروفی توبولی خفیف و فیبروز بینابینی و گلوبولوسکلروز سگمنتال کانونی (۵/۳۰) با خواندن اسلاید شیشه‌ای و تشخیص رد پیوند درجه‌ی IA با واسطه‌ی ایمنی سلولار با اسلاید دیجیتال بود.

در دو بررسی مربوط به دستگاه تناسلی که به بررسی بافت رحم و آندومتریم به دست آمده به دنبال دیلاتاسیون و کورتاژ پرداخته بود، تعارض بین اسلاید دیجیتال و اسلاید شیشه‌ای دیده شد. در بررسی اول ناهم‌زمانی غدد استرومایی مطابق با اثر قرص ناهم‌ترازی هورمونی نتیجه‌ی بررسی اسلاید شیشه‌ای بود، در حالی که آندومتریم غیرفعال توسط پاتولوژیست در خواندن اسلاید دیجیتال گزارش شد. در بررسی دوم نیز آندومتر پرولیفراتیو ضعیف نتیجه‌ی گزارش اسلاید شیشه‌ای پاتولوژیست بود که این نمونه در بررسی اسلاید دیجیتال ناهم‌زمانی غددی-استرومایی (اثر قرص) خوانده شد.

نتایج میزان تطابق پارامترهای مختلف بین دو روش اسلاید شیشه‌ای و دیجیتال

میزان تطابق وجود و فقدان تهاجم لنفاوی عروقی و/یا پری عصبی، درگیری مارژین، نیاز به آزمایش‌های تکمیلی و مرحله‌ی تومور در جدول شماره‌ی ۵ خلاصه شده است.

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌کنید، مقایسه‌ی دو نوع بررسی اسلاید شیشه‌ای و اسلاید دیجیتال تطابق کاملی در خواندن تهاجم عروق لنفاوی، تهاجم بافت پوشاننده‌ی عصبی و درگیری حاشیه داشتند. براساس همین جدول تفاوت

بستر قدرتمند برای تشخیص اولیه است (۱۰).

در حال حاضر بسیاری از آزمایشگاه‌ها قادر به تأمین هزینه‌های بالای خرید دستگاه اسکنر لام و نرم‌افزار لازم برای مشاهده‌ی لام و همچنین هزینه‌های اضافی نگهداری سالانه نیستند. هرچه مؤسسه‌های بزرگ‌تر به‌منظور کنترل حجم بالای لام‌هایشان مجبور به خرید بیش از یک اسکنر شوند، این قیمت ممکن است افزایش بیشتری یابد. همچنین محدودیت‌های ذخیره و شبکه همچنان باقی‌مانده است، زیرا تصاویر دیجیتال نیازمند میزان بالایی از فضای ذخیره‌سازی هستند و فراخوانی این تصاویر باید سریع باشد تا در نیازهای روزمره کاربرد عملی به خود گیرند (۱۱). در آخر، هیچ نوع قالب تصویری دیجیتالی به‌عنوان استاندارد شناخته نشده است و این امر ممکن است مؤسسه‌ها را مجبور کند که به‌منظور همکاری و مشاوره با سایر مؤسسه‌ها از چند نرم‌افزار متفاوت مشاهده‌ی لام در سیستم خود استفاده کنند. پیشرفت بیشتر در تکنولوژی تصویربرداری و کاهش هزینه‌ی ذخیره‌سازی داده‌ها، کمک بسیاری به کمرنگ‌سازی بعضی از این نمونه‌ها می‌کند. با افزایش تقاضا در ارزیابی کمی که در تصاویر دیجیتال بسیار راحت‌تر انجام‌پذیر است، توجیه‌های مالی متعادل خواهد شد (۱۲).

در کنار این چالش‌ها، فرصت‌هایی برای آینده نیز وجود دارد. افزون بر نگرانی‌هایی که درباره‌ی بازده و بهره‌وری وجود دارد، روند به‌کارگیری پاتولوژی دیجیتال به‌دلیل افزودن بر گردش کار پیش از آزمون، آهسته پیش می‌رفت. اما با تسریع فرایند دیجیتالی شدن رادیولوژی به‌دلیل تسهیل گذر از این مرحله، پیشرفت این تکنولوژی را امکان‌پذیر کرده است. اکنون تصویر قدیمی یک پزشک با لباس سفید آزمایشگاه که تصاویر رادیوگراف قدیمی را روبه‌روی لایت‌باکس قرار می‌دهد با تصویر یک پزشک در حال انجام یک کلیک بر روی صفحه‌ی کامپیوتر، جایگزین شده است. برخلاف آن، اگرچه اکنون قیمت بالای تصویربرداری دیجیتال به‌طور محسوسی پاتولوژیست‌ها را از خود دور کرده است اما پیش‌بینی می‌شود که این امر در آینده‌ی نزدیک تغییر خواهد کرد؛ زیرا افزون بر ارزیابی کمی که پیش‌تر راجع به آن صحبت شد (مثل نمره‌دهی بیومارکر و ارزیابی لنفوسیت‌های نفوذپذیر در تومور)، نیاز روزافزون به دقت در پزشکی ممکن است به افزایش درخواست‌های مشاوره‌ای و بازبینی توسط متخصصان خارج از شهرها منجر شود. در حال حاضر

این مشاوره‌ها زمان و تلاش پشتیبانی اجرایی درخور توجهی را می‌طلبند و همچنین برنگرداندن لام‌ها به مؤسسه‌های اصلی ریسک بالایی دارد. مشاوره‌های فوری و بی‌درنگ با کمک تصاویر دیجیتال راه طولانی را در به‌حداقل‌رساندن این مشکلات طی خواهد کرد که درنتیجه فرایند مراقبت از بیمار را سرعت و بهبود خواهد بخشید (۱۳).

همان‌طور که آسیب‌شناسی دیجیتال به یک استاندارد بالقوه‌ی مراقبت در آینده تبدیل می‌شود، مؤسسه‌ها باید به‌طور داخلی استفاده‌ی مدنظر خود را از این روش‌ها تأیید کنند. این مطالعه‌ی اعتبارسنجی، یک الگوی متمایز را برای تعریف هم‌ارزی بین گزارش نمونه‌های آسیب‌شناسی با مشاهده‌ی اسلایدهای شیشه‌ای با استفاده از میکروسکوپ آنالوگ، در برابر تصاویر کل اسلاید نمایش داده‌شده با مانیتور کامپیوتر و یک گردش کار دیجیتال اثبات کرد (۱۴).

تمام مطالعات تطابق قبلی، دقت را جایگزینی برای معادل‌سازی می‌دانند. بااین‌حال، هنگامی که چنین فناوری به‌عنوان یک استاندارد بالقوه‌ی مراقبت ظاهر می‌شود، باید گردش کار آسیب‌شناسی کامل درنظر گرفته شود. دستورالعمل‌های اعتبارسنجی کالج آسیب‌شناسان آمریکایی برای استفاده از تصویربرداری کل اسلاید در محیط تشخیصی، بیان می‌کند که هر آزمایشگاه آسیب‌شناسی که برای اجرای فناوری تصویر کل اسلاید برنامه‌ریزی می‌کند باید مطالعات اعتبارسنجی خود را برای استفاده‌ی بالینی مدنظر انجام دهد (۱۵).

در بررسی مطالعات قبلی گزارش انطباق‌های تشخیصی را از ۶۳ تا ۱۰۰ درصد گزارش کردند که میانگین درصد تطابق تشخیصی ۹۲/۴ درصد بود (۱۶). برای مطالعاتی که چندین رشته‌ی فوق تخصصی را در برمی‌گرفت، دامنه‌ی تطابق تشخیصی ۷۵-۹۷٪ بود (۱۷). مطالعه‌ی ما نتایج مشابهی با مطالعات قبلی درباره‌ی وفاداری بالای تصاویر کل اسلاید را به اسلایدهای شیشه‌ای منعکس می‌کند، به‌طوری‌که کل تصاویر اسلاید بازنمایی دقیقی را از اسلایدهای شیشه‌ای منعکس می‌کند.

بررسی نتایج معیارهای مربوط به تطابق تشخیصی

نمونه‌های تعارض در مطالعه‌ی ما، در هفت بیمار مشاهده شد و بیشتر مربوط به نمونه‌هایی بود که نیاز به تشخیص با بزرگنمایی بالا و میزان جزئیات بالاتری برای تجزیه و تحلیل پاتولوژیک داشتند. برای مثال انواع

جدول ۶. از مطالعات اخیر در زمینه‌ی کارایی تشخیصی اسلایدهای شیشه‌ای در مقایسه با تصاویر کل اسلاید همراه با مطالعه‌ی ما

تخصص‌ها	رانند و همکاران (۲۰)	ترال و همکاران (۱۵)	ودوونیک و همکاران (۱۴)	مایلز و همکاران (۱۸)	حنا و همکاران (۱۹)	این مطالعه
پستان، گوارش و باروری زنان	هم، سیستم عصبی و کلیه	جراحی عمومی و سائیتولوژی	گوارش، باروری زنان، سیستم عصبی، کبد، مثانه	پستان، گوارش، مجاری تناسلی اداری، سیستم تولیدمثلی زنان، آموزش تخصص پایه و درم	کولون، کلیه، کبد، سیستم تولیدمثلی زنان، سیستم عصبی	
تعداد پاتولوژیست	۱۲	۵۷-۲۲	۱	۳	۷	۳
نمونه (n)	۶	۹۲۹	۴۰۰	۵۱۰	۱۹۹	۱۰۰
اسلاید (n)	۱۰۴	گزارش نشده است	۱۳۹۶	گزارش نشده است	۲۰۷۳	۲۳۹
معادل سازی تشخیص	گزارش نشده است	گزارش نشده است	گزارش نشده است	۹۵٪~	۳/۹۹٪	۹۳٪

بررسی نتایج میزان تطابق پارامترهای مختلف بین دو روش اسلاید شیشه‌ای و دیجیتالی

آنچه از بررسی پارامترهای تشخیصی مختلف به دست آمد، بسیار مشابه با مطالعات پیشین بود (۱۸). درصد بالای تطابق در فاکتورهای پاتولوژی خود نقطه‌ی قوتی است که بر نقش این روش پاتولوژی در تشخیص بیماری‌ها، تأکید دارد. در جدول ۶، مطالعات بررسی‌شده‌ی گذشته را در کنار این مطالعه مشاهده می‌کنید که به خوبی توانسته است ارزش پاتولوژی دیجیتالی را در این پروژه به نمایش بگذارد.

محدودیت‌های پژوهش

به دلیل محدودیت انجام اسکن نمونه‌های بزرگ و همچنین تعداد زیاد این اسلایدها، امکان مقایسه‌ی تشخیصی در این نمونه‌ها با روش اسلایدی میسر نشد و این در حالی است که حجم زیادی از نمونه‌های پذیرش‌شده در بخش‌های ما نمونه‌های بزرگ است. همچنین به دلیل محدودیت امکان دسترسی به کاربران در سیستم اسکنر، کاربران زیادی مجبور بودند در محل بیمارستان نمونه‌های اسکن‌شده را بررسی کنند که این موضوع در کاربردهای درمانی و آموزشی می‌تواند یک محدودیت باشد.

نکته‌ی مهم‌تر اینکه، این مطالعه همچنین مزایای پنهانی که باعث افزایش بهره‌وری به دلیل کار با پاتولوژی دیجیتالی به دست می‌آید را ارزیابی نکرده است. برای مثال، بررسی و چک کردن مدارک پیشینه‌ی پزشکی یک بیمار در حین انجام کار

اختلاف بین نمونه‌ی کلیه‌ی پیوندی که در درجه‌بندی رد سلولی مشاهده شده است، می‌تواند به دلیل اختلاف در شمارش لنفوسیت‌های انفیلتریت‌شده در سیتوپلاسم توپولار اپیتلیال سلول‌ها باشد که اختلاف یک لنفوسیت هم می‌تواند این درجه‌بندی را متفاوت کند. بنابراین نیازمند جزئیات و وضوح تصویر بالا است.

از دیگر نمونه‌هایی که در آن‌ها تعارض مشاهده شد، مربوط به نمونه‌های کلون و کبد بود که می‌تواند به علت نیاز به مشاهده‌ی جزئیات وجود یا نبود سلول‌های التهابی در گلندها و تشخیص نوع سلول التهابی و همین‌طور بی‌اطلاعی کامل از تاریخچه‌ی جامع‌تر بیمار و ناآشنایی با نحوه‌ی خوانش تصاویر دیجیتالی رخ داده باشد.

افزون بر این استفاده از تصاویر اسکن‌شده‌ی بیشتر و ریکات می‌توانست به کاهش چنین تعارضاتی کمک کند.

تعارض در نمونه‌های مربوط به دستگاه تولیدمثلی نیز مشاهده شد و این نیز به علت کوچک بودن فوکوس پاتولوژی، ناآشنایی با نحوه‌ی خوانش تصاویر دیجیتالی و نبود دسترسی پاتولوژیست به تاریخچه‌ی جامع‌تر بیمار به ویژه داروهای مصرفی ایشان بوده است.

بنابراین با وجود درصد بالای هماهنگی نتایج این دو روش، مزایای تصاویر کل اسلاید به نمایش دقیق اسلایدهای شیشه‌ای محدود نمی‌شود. به منظور تبدیل شدن به استاندارد جدیدی از مراقبت، سیستم‌های آسیب‌شناسی دیجیتالی باید خود را در جریان کار آسیب‌شناسی فعلی جاسازی کنند.

بالینی واقعی است. این تحقیق به اعتبار بیشتر این یافته که تصاویر اسکن‌شده‌ی اسلایدها از نظر تطابق تشخیصی نسبت به اسلایدهای شیشه‌ای پایین‌تر نیستند، کمک می‌کند.

تشکر و قدردانی

در پایان از شرکت‌کنندگان در این مطالعه و کارکنان محترم آزمایشگاه نمازی شیراز که در این پژوهش یاری‌رسان بودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع وجود ندارد.

منابع

- Ahmed AA, Abouzid M, Kaczmarek E. Deep learning approaches in histopathology. *Cancers (Basel)*. 2022;14(21):5264.
- Pallua JD, Brunner A, Zelger B, Schirmer M, Haybaeck J. The future of pathology is digital. *Pathol Res Pract*. 2020;216(9):153040.
- Lu MY, Williamson DFK, Chen TY, Chen RJ, Barbieri M, Mahmood F. Data-efficient and weakly supervised computational pathology on whole-slide images. *Nat Biomed Eng*. 2021;5(6):555-70.
- Jahn SW, Plass M, Moinfar F. Digital pathology: advantages, limitations and emerging perspectives. *J Clin Med*. 2020;9(11):3697.
- Leong FJ, Leong AS. Digital imaging in pathology: theoretical and practical considerations, and applications. *Pathology*. 2004;36(3):234-41.
- Bernard C, Chandrakanth SA, Cornell IS, Dalton J, Evans A, Garcia BM, et al. Guidelines from the Canadian Association of Pathologists for establishing a telepathology service for anatomic pathology using whole-slide imaging: the Canadian Association of Pathologists Telepathology Guidelines Committee. *J Pathol Inform*. 2014;5(1):15.
- Fraggetta F, L'Imperio V, Ameisen D, Carvalho R, Leh S, Kiehl TR, et al. Best practice recommendations for the implementation of a digital pathology workflow in the anatomic pathology laboratory by the European Society of Digital and Integrative Pathology (ESDIP). *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(11):2167.
- Rajaganesan S, Kumar R, Rao V, Pai T, Mittal N, Sahay A, et al. Comparative assessment of digital pathology systems for primary diagnosis. *J Pathol Inform*. 2021;12:25.
- Snead DR, Tsang YW, Meskiri A, Kimani PK, Crossman R, Rajpoot NM, et al. Validation of digital pathology imaging for primary histopathological diagnosis. *Histopathology*. 2016;68(7):1063-72.
- Evans AJ, Bauer TW, Bui MM, Cornish TC, Duncan H, Glassy EF, et al. US Food and Drug Administration approval of whole slide imaging for primary diagnosis: a key milestone is reached and new questions are raised. *Arch Pathol Lab Med*. 2018;142(11):1383-7.
- Babaie M, Kalra S, Sriram A, Mitcheltree C, Zhu S, Khatami A, et al. Classification and retrieval of digital pathology scans: a new dataset. In: *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*; 2017. p. 8-16.
- Weinstein RS, Graham AR, Richter LC, Barker GP, Krupinski EA, Lopez AM, et al. Overview of telepathology, virtual microscopy, and whole slide imaging: prospects for the future. *Hum Pathol*. 2009;40(8):1057-69.
- Pantanowitz L. Digital images and the future of digital pathology. *J Pathol Inform*. 2010;1:1.

نتیجه‌گیری

نتایج ما نشان‌دهنده‌ی هم‌ارزی بالای تصویر اسلایدی دیجیتال با اسلاید شیشه‌ای در گزارش گردش کار

14. Vodovnik A. Diagnostic time in digital pathology: a comparative study on 400 cases. *J Pathol Inform.* 2016;7:4.
15. Thrall MJ, Wimmer JL, Schwartz MR. Validation of multiple whole slide imaging scanners based on the guideline from the College of American Pathologists Pathology and Laboratory Quality Center. *Arch Pathol Lab Med.* 2015;139(5):656-64.
16. Bauer TW, Slaw RJ. Validating whole-slide imaging for consultation diagnoses in surgical pathology. *Arch Pathol Lab Med.* 2014;138(11):1459-65.
17. Pantanowitz L, Sinard JH, Henricks WH, Fatheree LA, Carter AB, Contis L, et al. Validating whole slide imaging for diagnostic purposes in pathology: guideline from the College of American Pathologists Pathology and Laboratory Quality Center. *Arch Pathol Lab Med.* 2013;137(12):1710-22.
18. Mills AM, Gradecki SE, Horton BJ, Blackwell R, Moskaluk CA, Mandell JW, et al. Diagnostic efficiency in digital pathology: a comparison of optical versus digital assessment in 510 surgical pathology cases. *Am J Surg Pathol.* 2018;42(1):53-9.
19. Hanna MG, Reuter VE, Hameed MR, Tan LK, Chiang S, Sigel C, et al. Whole slide imaging equivalency and efficiency study: experience at a large academic center. *Mod Pathol.* 2019;32(7):916-28.
20. Randell R, Ruddell RA, Thomas RG, Mello-Thoms C, Treanor D. Diagnosis of major cancer resection specimens with virtual slides: impact of a novel digital pathology workstation. *Hum Pathol.* 2014;45(10):2101-6.